

國立交通大學

建築研究所

碩士論文

建築設計的實體構築與數位資訊

Physical fabrication and digital information in architecture design

研究生：胡介璿

指導教授：侯君昊 教授

中華民國 一百年 七月

建築設計的實體構築與數位資訊  
Physical fabrication and digital information  
in architecture design

摘要

本論文以兩種不同詮釋的觀點去探討數位時代下的建築設計。

一是數位構築思考下的數位形體設計與建築設計，應用3D建模軟體、衍生系統與演算法以及電腦輔助設計與製造做設計，強調實體製造與材料實現，從電腦軟體中到實際製造出來的過程，考慮真實做的限制與條件、對材料性質的琢磨，思考形體構築的流程與工法，學習當前最新的製造技術與機械設備，設計連接組件與細部構件，挑戰不一樣的建造與組裝方法。

二是跳脫實體空間，探討虛擬空間的可能性。在虛擬空間中，實體建築的立面(facade)轉換為電子訊號所呈現出來的介面(interface)，若建造空間不再考慮建造的材料性、物力的限制、細部構造設計，我們進一步去探討人與人、人與空間的關係，人群在不同空間場所產生不同的行為而反應在社群網站的使用行為，探討這些行為並加以想像，利用介面設計與即時互動資訊建構在數位世界裡的虛擬場景。

藉由實體構築與數位資訊兩個方向的设计研究，探討建築設計在數位工具、數位思考、數位化的時代，未來將有何發展的可能形式。

Physical fabrication and digital information  
in architecture design

Abstract

The paper uses two different interpretations of view to discuss the architectural design in the digital age.

First, digital form design and architectural design under digital tectonic thinking, design by 3D modeling software applications, derivative systems and algorithms and computer-aided design and computer-aided manufacturing. Emphasis on physical manufacturing and materials realization, the process from computer software to the actual manufacturing, consider the restrictions and conditions in real implementation, pondering in the material properties, thinking the processes and engineering methods of tectonic, to learn the latest manufacturing technology and mechanical equipment, designed joint components and detail components, challenged different the construction and assembly methods.

Second, escape physical space, to explore the possibility in virtual space. In virtual space, the facade of physical construction is converted to the interface by electrical signals, if the construction do not consider the material of construction, physical constraints, detailed structural design, we have to explore further the relationship between people and people, people and space, people in different places have different behavior and response in social networking sites, and to think of these actions, the use of interface design and real-time interactive information to construct virtual the scene in digital world.

By physical tectonic and digital information to explore the digital tools in architectural design, digital thinking, the digital age, what the future will be in the form of development.

## 目錄

摘要.....	i
英文摘要.....	ii
目錄.....	iii
1. 建築設計的實體構築與數位資訊設計.....	1
2. 數位參數之形體構築.....	2
2.1 Ennpeper' s Minimal Surface.....	3
2.2 參數運算模型方法.....	4
2.3 最小面積曲面之分析與建構.....	5
2.4 最小面積曲面之軟性邊際材料與施作.....	6
2.5 最小面積曲面構築過程.....	7
3. 自由形體之住宅設計.....	8
3.1 Vegetation House.....	9
3.2 設計說明與概念設計.....	10
3.3 空間配製圖.....	12
3.4 管狀結構空間之應用.....	14
3.5 錯位形體空間之應用.....	15
3.6 牆面溼度系統細部設計.....	16
3.7 維持溼度之機能結構.....	17
3.8 構築建造流程設計.....	18
3.9 實體模型製作流程.....	19
3.10 與大地共存.....	21



4. 社群網站之行為分析與介面設計.....	22
4.1 iWish: redesign interface of social network.....	23
4.2 從古典建築到數位建築.....	24
4.3 從社交場所到社群網站.....	25
4.4 社群網站的介面再設計.....	26
4.5 資訊視覺化與互動.....	26
4.6 社群網站的遊戲性.....	26
5. 虛擬空間中的資訊導覽.....	27
5.1 Designing information place.....	28
5.2 實體空間與虛擬空間之行為探討.....	29
5.3 網路空間與虛擬空間之行為探討.....	29
5.4 空間與場所之行為探討.....	30
5.5 社會導覽之應用.....	30
5.6 資訊空間設計分析.....	31
5.7 資訊導覽空間之設計概念.....	31
5.8 資訊導覽空間之事件、行為、社會導覽.....	32
5.9 資訊導覽空間之介面設計.....	33
5.10 資訊導覽空間中，二維物件導覽方式.....	34
5.11 資訊導覽空間中，三維物件導覽方式.....	35
5.12 資訊導覽空間中，動畫物件導覽方式.....	36
6. 結語.....	37

# 建築設計的實體構築與數位資訊

## 1. 建築設計的實體建築與數位資訊

本論文以兩種不同詮釋的觀點去探討數位時代下的建築設計。

一是數位構築思考下的數位形體設計與建築設計，應用3D建模軟體、衍生系統與演算法以及電腦輔助設計與製造做設計，強調實體製造與材料實現，從電腦軟體中到實際製造出來的過程，考慮真實施做的限制與條件、對材料性質的琢磨，思考形體構築的流程與工法，學習當前最新的製造技術與機械設備，設計連接組件與細部構件，挑戰不一樣的建造與組裝方法。

二是跳脫實體空間，探討虛擬空間的可能性。在虛擬空間中，實體建築的立面(facade)轉換為電子訊號所呈現出來的介面(interface)，若建造空間不再考慮建造的材料性、物力的限制、細部構造設計，我們進一步去探討人與人、人與空間的關係，人群在不同空間場所產生不同的行為而反應在社群網站的使用行為，探討這些行為並加以想像，利用介面設計與即時互動資訊建構在數位世界裡的虛擬場景。

藉由實體構築與數位資訊兩個方向的设计研究，探討建築設計在數位工具、數位思考、數位化的時代，未來將有何發展的可能形式。

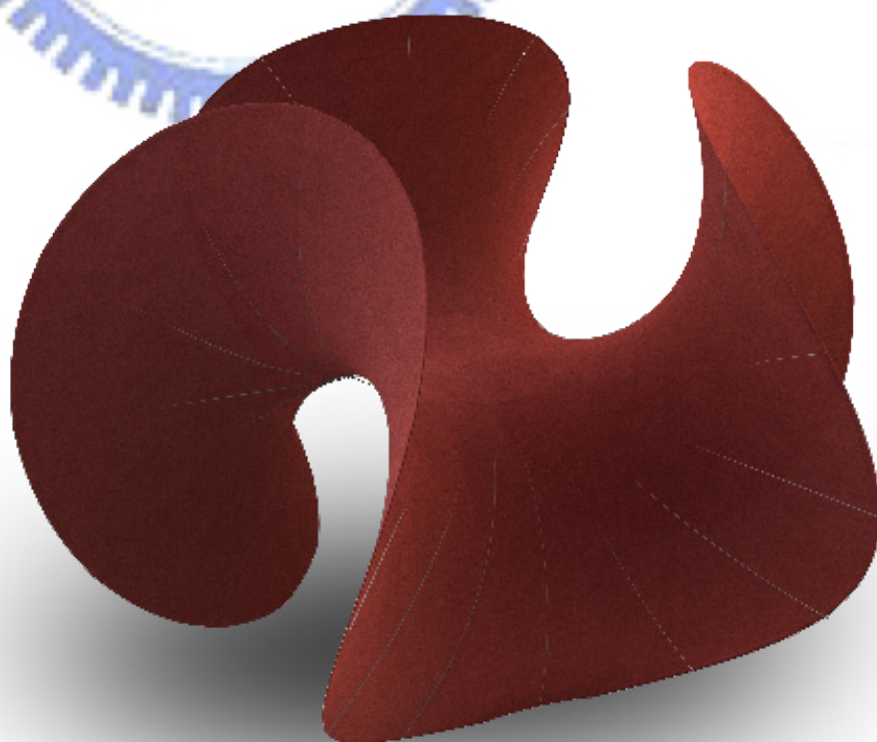
建築設計的實體構築設計

## 1. 數位參數之形體構築

強調形體設計的動態與演算，利用數學運算衍生出參數曲面，當參數的調整直接影響到形體設計，參數的控制改變了電腦設計的規則，每一個參數的變化，即發展出不同的設計原型。使用軟性材料的拉伸應力當作形體的內應力，以軟性結構當做邊際骨架，形塑出的軟性皮層的邊際形體。



# 6 Enneper's $m^2$ Minimal Surface



## 2.2 參數運算模型方法

利用數學運算工具輸入數學參數式，經由程式的演算方法並調整參數，我們將系統自行產生形體的計算過程一一紀錄下來，再經由概念模衍變至設計定案。應用電腦輔助設計與製造技術，在形體定案之後，經由其過程與物理特性，再討論其製造方法與材料。

### Enneper's Surface Equation

$$\text{degree} = 3$$

$$a = 3$$

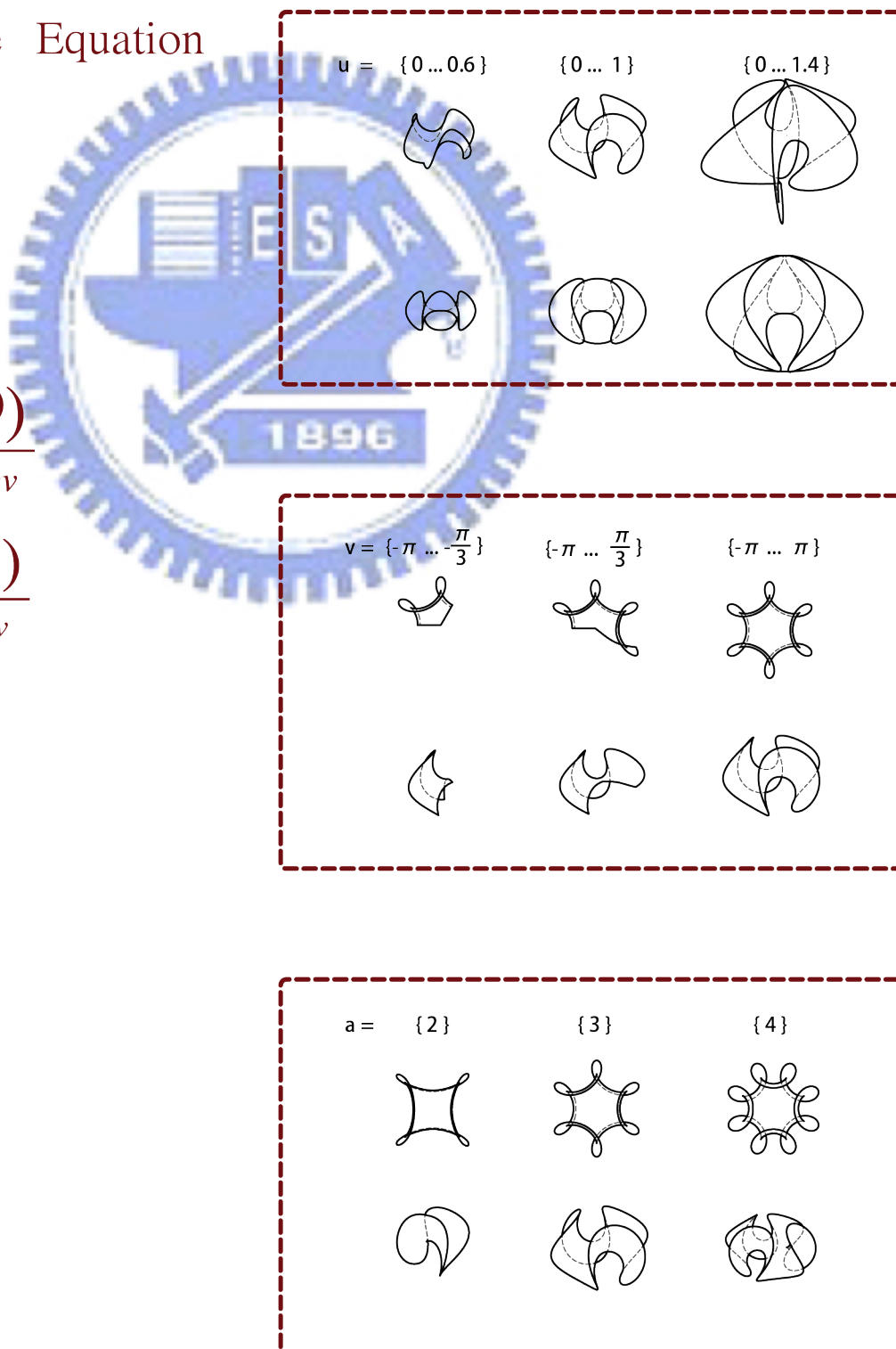
$$u = \{0 \dots 1\}$$

$$v = \{-\pi \dots \pi\}$$

$$x = \frac{(u \cdot \cos(v) - u^{2a-1})}{(2a-1) \cdot \cos(2a-1) \cdot v}$$

$$y = \frac{(-u \cdot \sin(v) - u^{2a-1})}{(2a-1) \cdot \sin(2a-1) \cdot v}$$

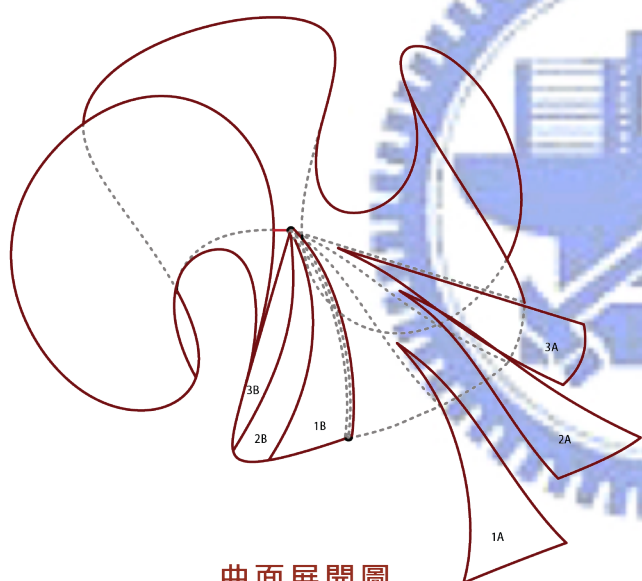
$$z = \frac{2}{a \cdot u^a \cdot \cos(a \cdot v)}$$



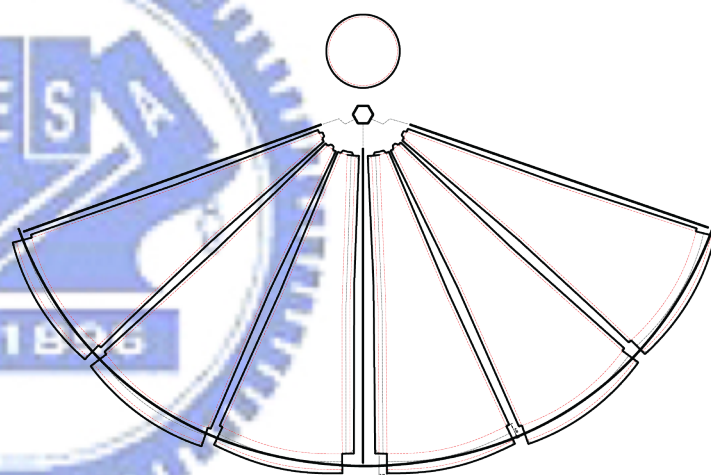


### 2.3 最小面積曲面之分析與建構

最小面積曲面 ( Minimal Surface ) 的特性跟以往的結構系統叫不一樣，一般的結構系統都是以骨骼、肌肉、表皮的觀念去完成，也就是數位建築領域所稱的骨架表皮系統，由骨架作為結構去支撐依附在建築體上的皮層材料，而最小面積曲面的運算方式卻是相反，最小面積曲面是以邊緣框線作為邊際條件，以邊際條件運算出達成邊際條件的最小面積曲面，如此，曲面的平均曲率將會等於零，我們就以此特性作為製作形體的設計方法，利用彈性布作為皮層，在彈性布緊繃充滿內力的情況下延展成形。



曲面展開圖

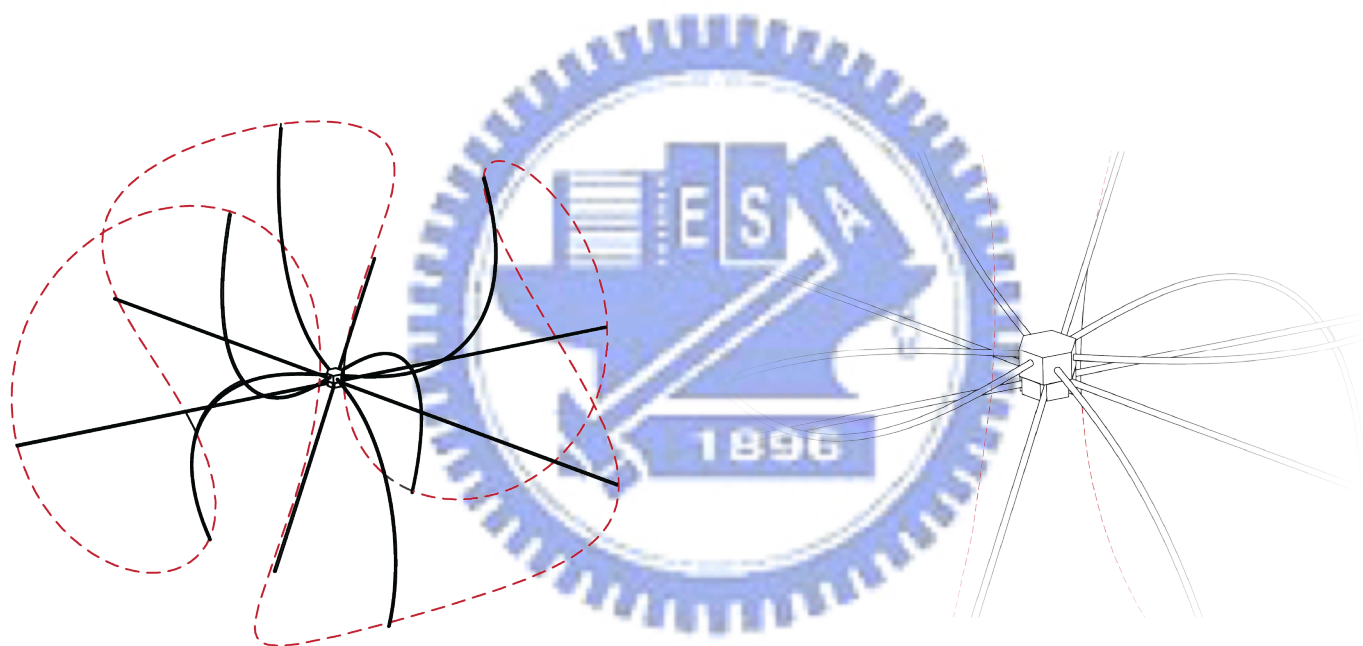


單元曲面展開圖



## 2.4 最小面積曲面之軟性邊際材料與施作

由於邊際框架也是曲線，所以我們使用具有彈性的壓克力管作為邊際結構材料，中間穿越三根鋁管作為定位基準。壓克力軟管與壓克力軟管之間以壓克力棒相接，首先先將壓克力軟管加溫變軟，再塞入呎寸相近的壓克力棒，待冷卻之後，軟管與壓克力棒就會緊密結合。以布的彈性張力作為內應力，以彈力的極限作為邊際，以壓克力軟管插入彈性布的邊際支撐出整個形體。



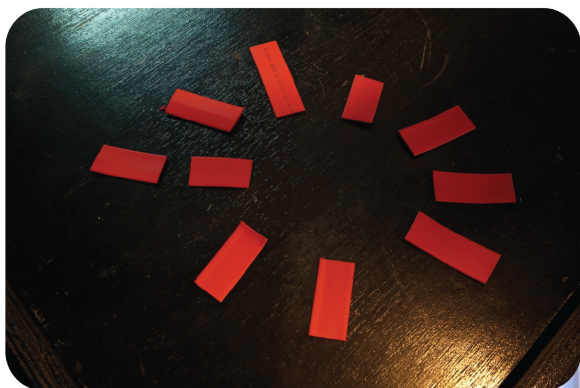
結構示意圖

結構細部示意圖





## 2.5 最小面積曲面構築過程



建築設計的實體構築設計

## 2.自由形體之住宅設計

當建築形體從垂直水平解放之後，利用電腦輔助與新形態的施工方法帶領建築達成自由曲面。有了這樣的條件，是否居住空間可以得到更佳的答案？面對下世代的議題，我們關注於建築如何與大地和諧地共存，因為形體的自由，下世代的住宅空間可以有怎麼樣的可能性？

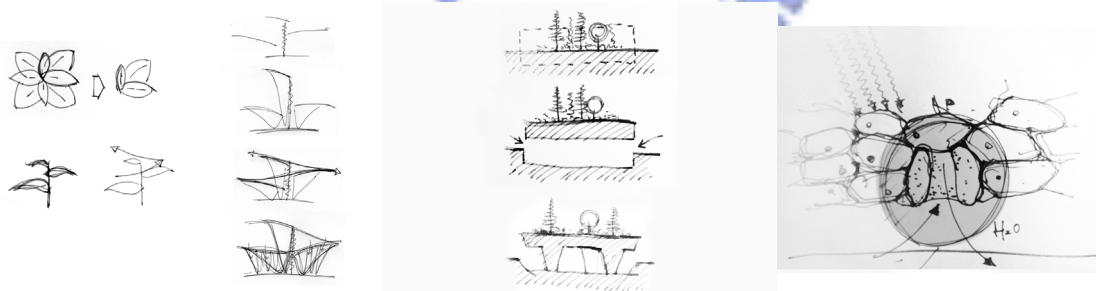




### 3.1 Vegetation House: House for Being the Medium of Plant Growth

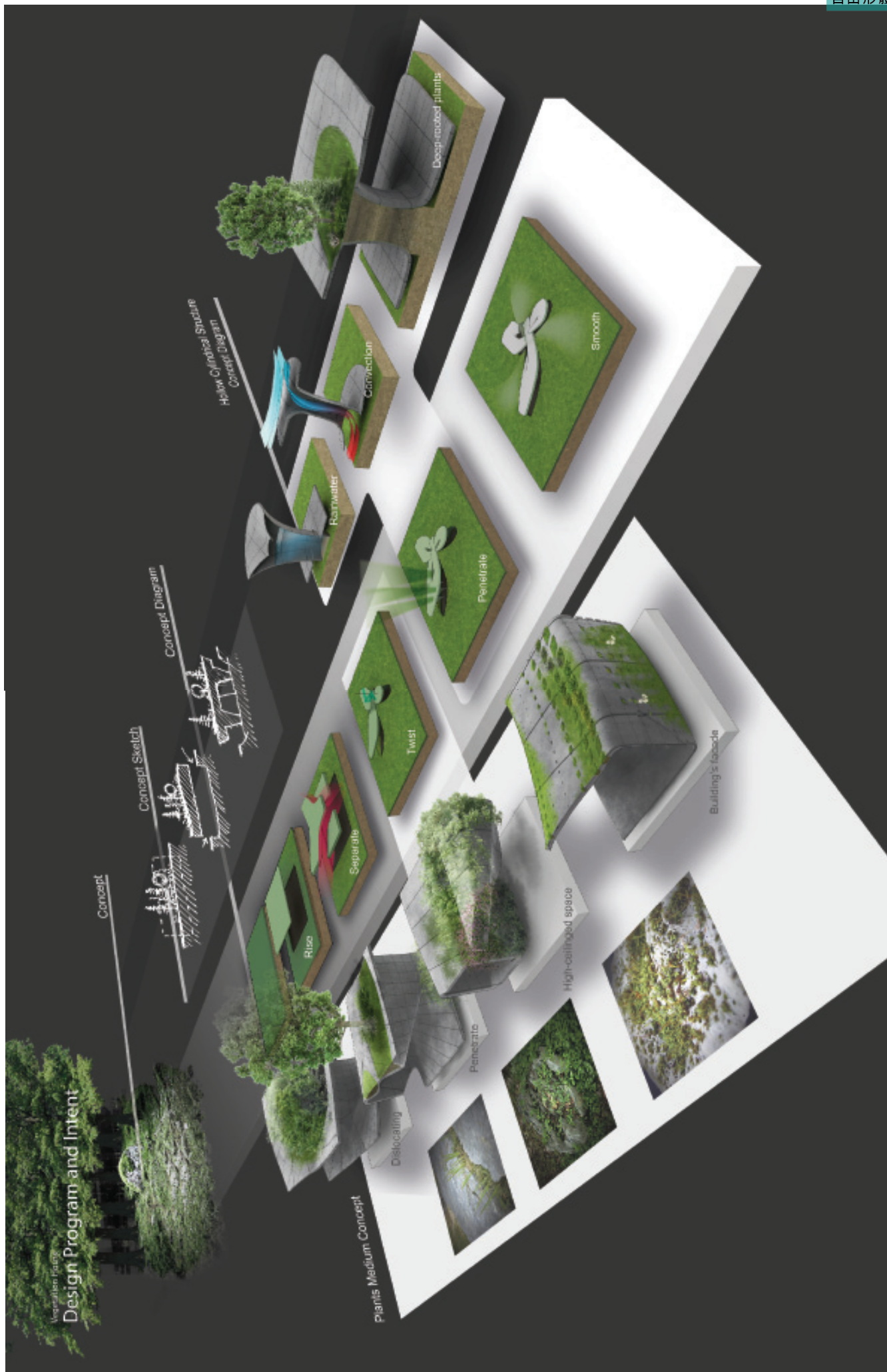
面對郊區住宅現象，我們想試著讓建築以不同的方式與大自然共生，我們在思考的是：建築是否能夠創造出適合多種不同性質的植物自然成長的環境。像一顆坐落在樹林中的石頭，植物順應當地環境附著於其上，不會對原本的生態系進行改變與破壞、和諧地融入生態系之中，能讓多樣性的植物順利地生長於建築體的各個角落，自然地產生生物多樣性。

在台灣加入WTO以後，政府積極幫助農地轉型、提高農業的競爭力，推動興建農宅計畫，開放農地興建農舍，兼顧農業生產環境與農家居住品質。近年台灣交通建設發展完備：西部由台灣高鐵貫穿，連接東部地區的台灣雪山隧道也順利完工，這樣的條件之下，創造出一日生活圈的新生活形態：在都市人口擴張的情況下，與家人週末前往郊區度假的活動日漸增加，一方面遠離城市的擁擠與紛擾、一方面親近大自然與促進家庭和諧。眾人紛紛離開城市、嚮往親近大自然，這樣的都市郊區現象受到各界關注，雖然促進郊區的觀光農業興起、帶動當地經濟發展郊區土地卻逐漸被眾多新興建築案所佔據，台灣東北角國家風景區的山與海受到破壞，在農舍住宅建造的同時，大地漸漸走向消失的命運。而我們決定以“位於都市的郊區、與國家保護園區相離、現在有開發案在進行”這三個迫切條件作為我們選擇基地的依據。









### 3.3 空間配製圖

#### Vegetation House Surface Plan

- Entrance
- Guest room
- Kitchen
- Garage
- Terrace
- Dining room
- Living room
- Bed room
- Bath room
- Staff room
- Studio



- 1. Entrance courtyard
- 2. Outdoor living area
- 3. Rain garden
- 4. Natural pool
- 5. Dinner room terrace

- 6. Lawn
- 7. Wood lounge deck
- 8. Higher garden walking path
- 9. House entrance
- 10. Roof garden

11. 2F House entrance

#### Legend

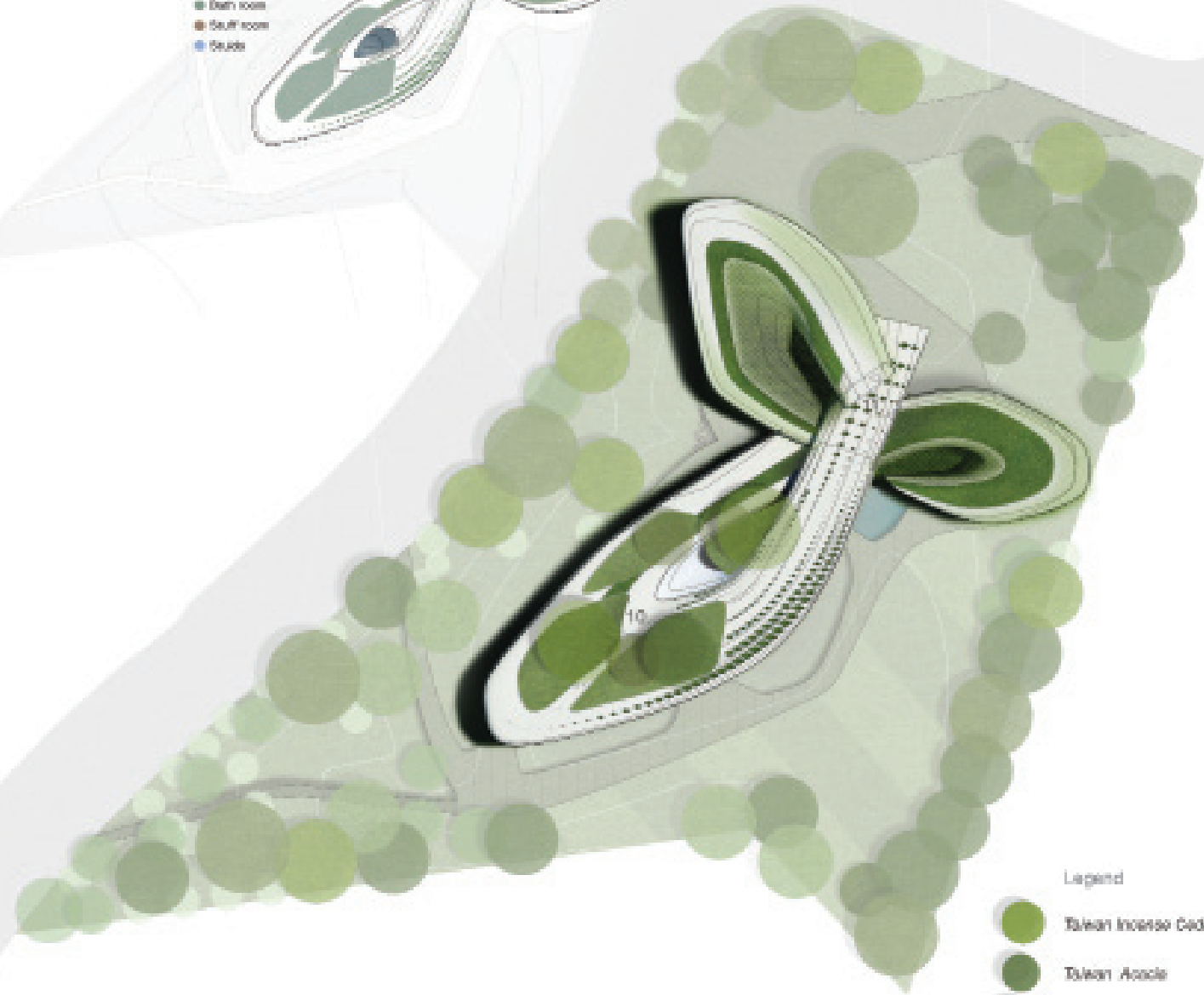
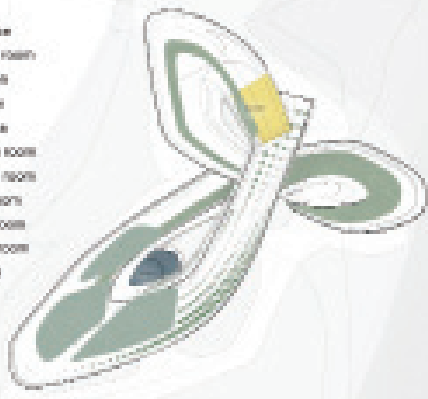
- Taiwan Insect Cedar
- Taiwan Aconite
- Campbell tree
- Formosan Hollock
- Taiwan Zelkova
- Szechuan Aconite
- Coastal Beach Tree
- Flower Oak



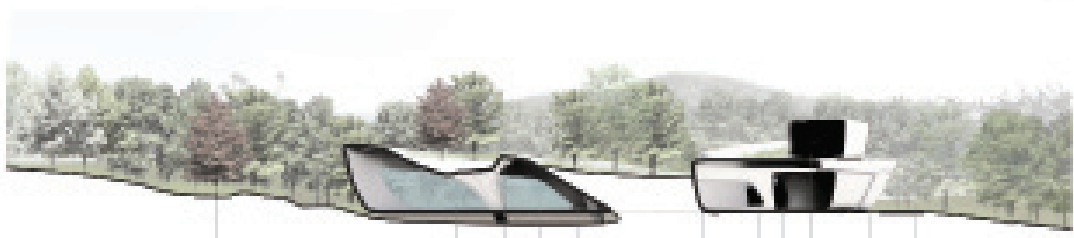


Vegetation House  
2nd Floor Plan

- Entrance
- Master room
- Kitchen
- Garden
- Terrace
- Dining room
- Living room
- Bed room
- Bath room
- Staff room
- Studio



- Legend
- Taiwan Incessor Cedar
  - Taiwan Acacia
  - Camptocarpus tree
  - Formosan Michelia
  - Taiwan Zelkova
  - Siebold Anemone
  - Coral Bean Tree
  - River Oak



8. 7. 10. 5. 6. 3. 4. 9. 11. 2. 1.

2nd floor Plan



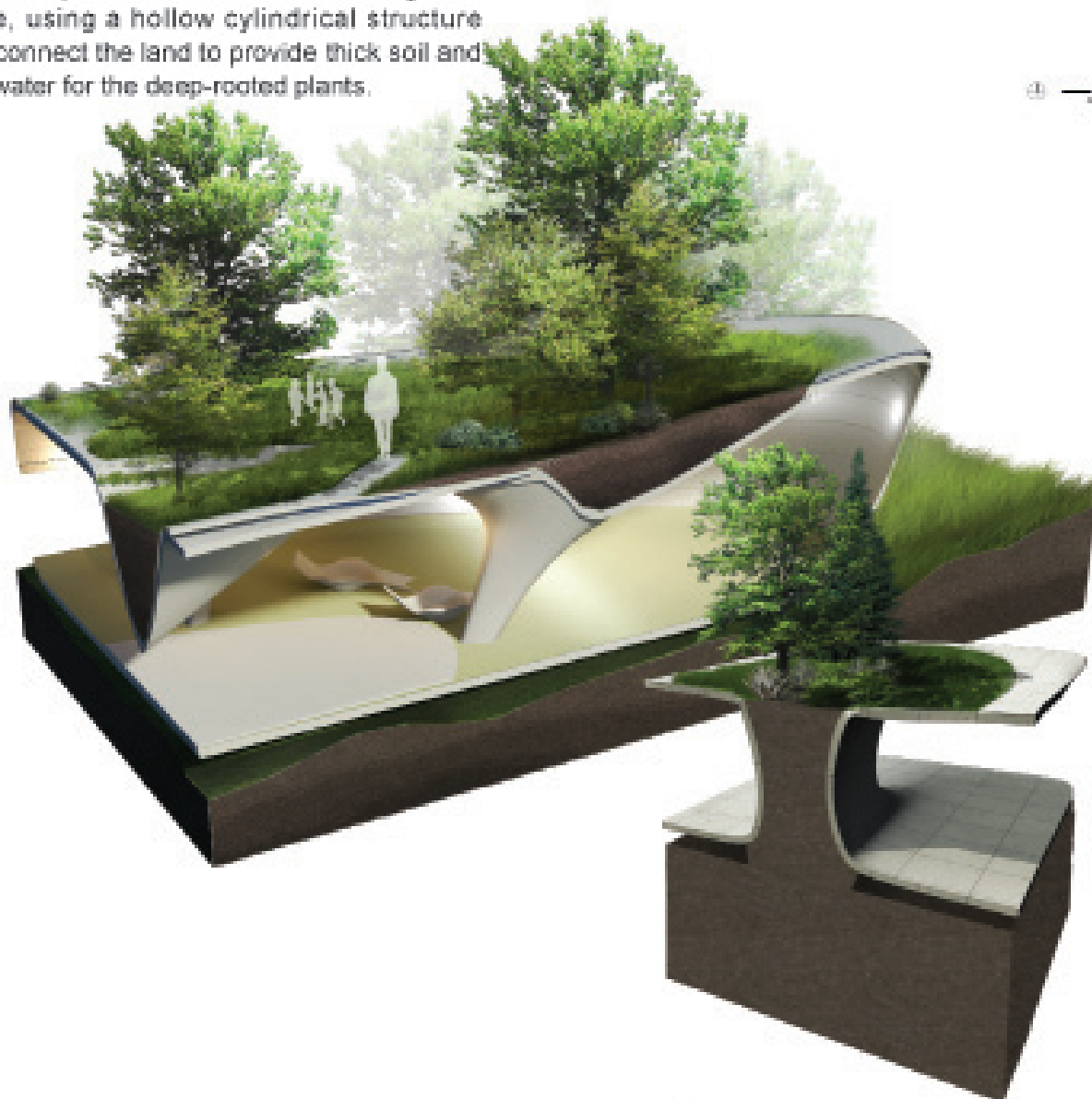


### 3.4 管狀結構空間之應用

Vegetation House

## Deep-rooted plants

A configuration of deep-rooted plants at the center of the roof will provide sufficient sun and the growth of space, using a hollow cylindrical structure that will connect the land to provide thick soil and enough water for the deep-rooted plants.



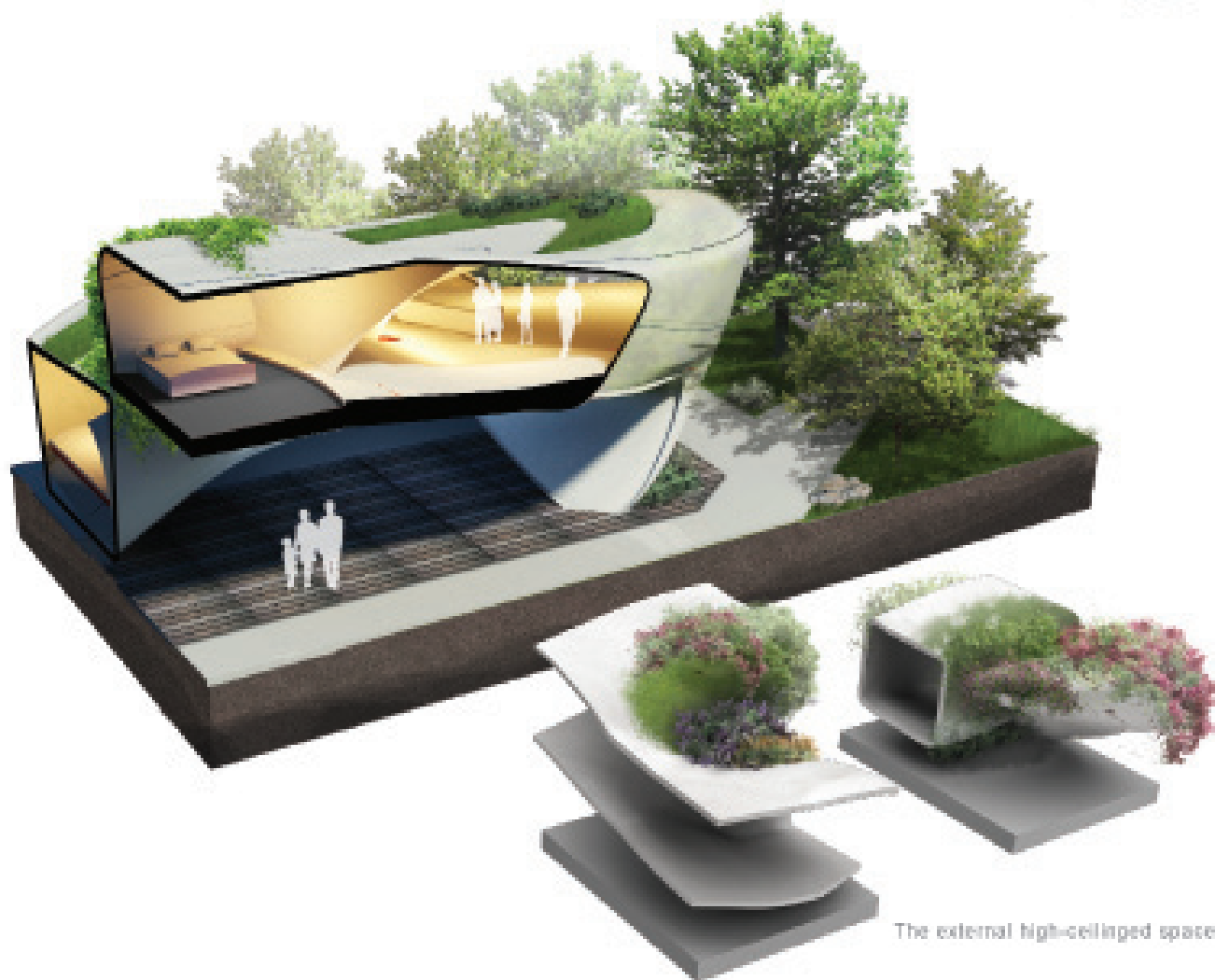
Hollow cylindrical structure

### 3.5 錯位形體空間之應用

Vegetation House

## Climbing rattan plant

By dislocating the height of the building floors and the external high-ceilinged space, we will create a half-sunshine space, to provide a cool and humid environment to climbing plants.



Dislocating the height of the building floors

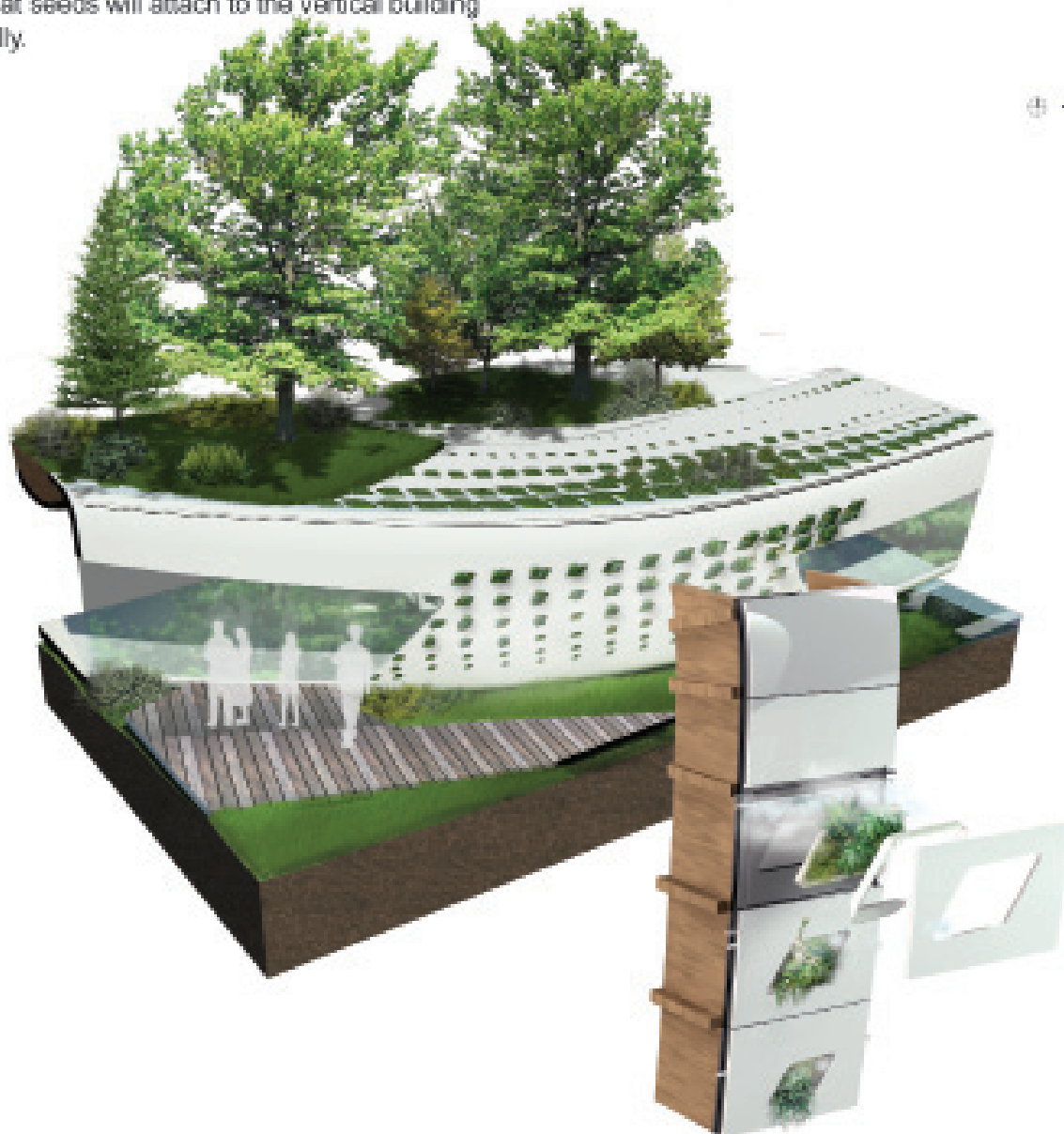
The external high-ceilinged space

### 3.6 牆面溼度系統細部設計

Vegetation House

## Epiphyte plants

The planters are designed with brick from the irrigation systems, so that seeds will attach to the vertical building facade naturally.



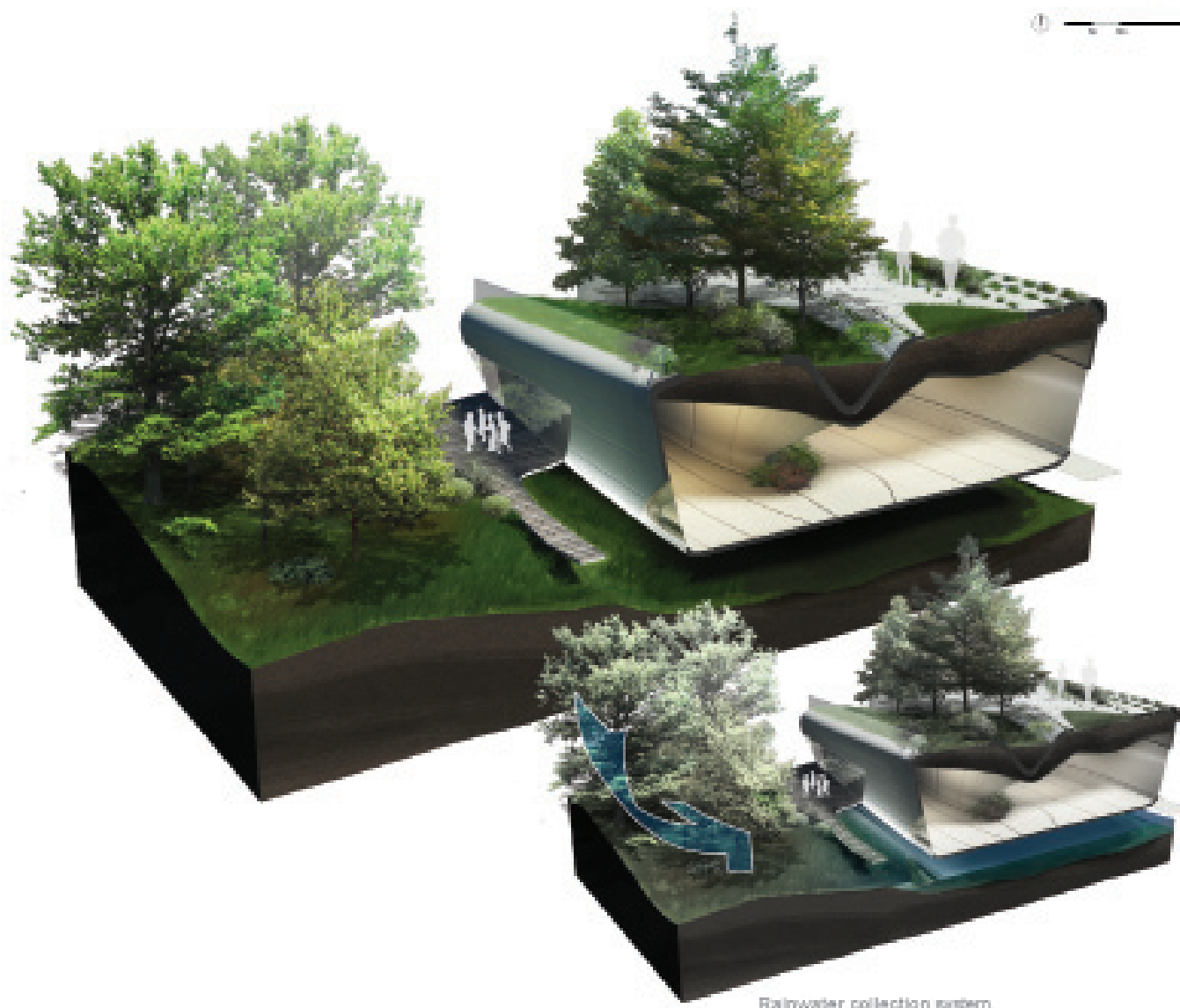
Detail of the facade

### 3.7 維持溼度之機能結構

Vegetation House

## Recycle and reuse rainwater

The lowest location of the ecologically poor site is selected to collect and keep the local rainwater and the humidity and temperature will be maintained.

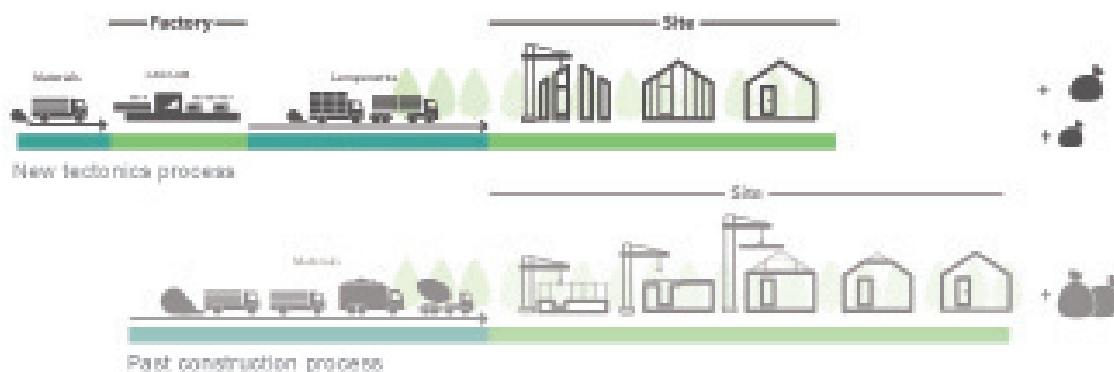


### 3.8 構築建造流程設計

Vegetation House

## New tectonics

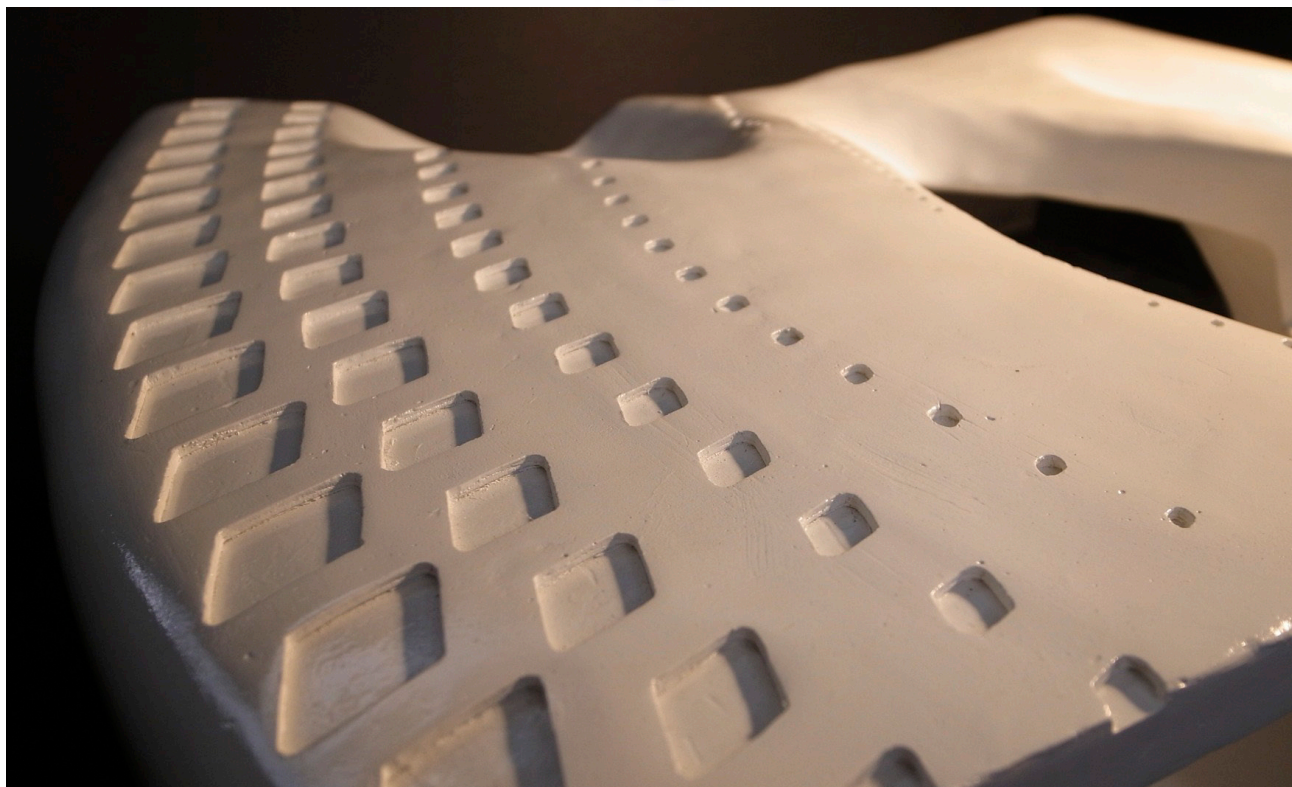
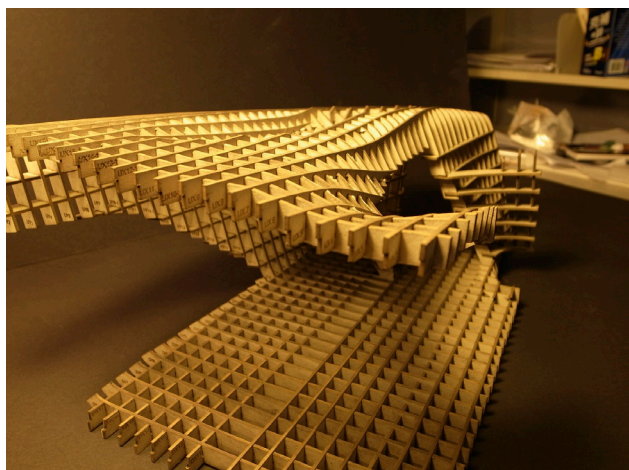
In order to reduce the construction time on the land and to avoid waste, the construction will remain limited to the local environment. In this proposed design, most component will be produced and processed completely in factories and then transported to the site to be assembled.

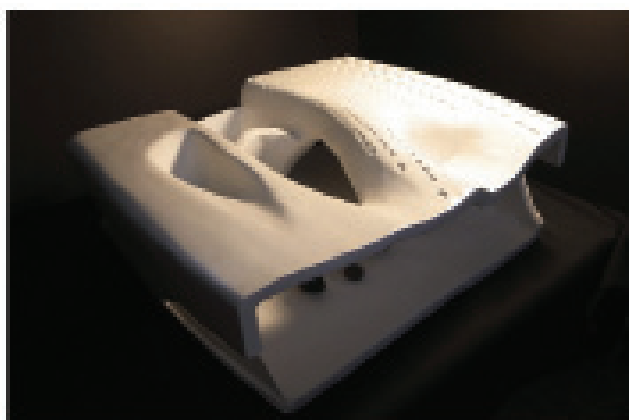


- ① Concrete
- ② Plywood
- ③ CNC Plywood Frames
- ④ Galvanised Steel Pins
- ⑤ Insulation



### 3.9 實體模型製作流程





Testing situation of plants growth.





### 3.10 與大地共存

Vegetation House

## Coexist with the ecosystem

Using this approach can achieve peaceful coexistence between the building and the environment, under the premise of not destroying the land to build a farmhouse and maintaining the local ecosystem in this National Scenic Area, using means such as stones covered with plants, which, although existing, will not be awkward.

